Agricultural Sci. J. 49 : 4 (Suppl.) : 227-230 (2018) ว. วิทย. กษ. 49 : 4 (พิเศษ) : 227-230 (2561)

ผลของการจุ่มแคลเซียมคลอไรด์ร่วมกับการใช้ความเย็นเฉียบพลันหลังการเก็บเกี่ยวต่อคุณภาพการเก็บรักษาผักคะน้าไฮโดรพอนิกส์

Effects of Postharvest Calcium Chloride Dip Combined with Cold Shock Treatments on Storage Quality of Hydroponics Chinese Kale

วุฒิรัตน์ พัฒนิบูลย์[1]
Wutthirat Patthanibool[1]

Abstract

The purpose of this research was to study the effects of calcium chloride ($CaCl_2$) and cold shock treatment (CST) on the quality of hydroponically grown Chinese kales during storage. The 2x3 factorial in completely randomized design consisting of treated or untreated with $CaCl_2$ (40°C for 30 second) combined with CST in cold water (0±2°C for 0 30 and 60 minute) was investigated. The experiment was carried out with three replications. The treated and non-treated Chinese kales were stored at 10°C, at 70% relative humidity. It was found that both factors had influenced on Chinese kales quality during 2 and 6 days of storage by $CaCl_2$. Chinese kales with $CaCl_2$ had been affected on weight loss, color (hue angle) and petiole cohesiveness more than Chinese kales without $CaCl_2$ but there was no effect on color sensory evaluation score, chlorophyll and carotenoids content, and petiole hardness which was significant difference. In terms of CST factor, CST at 30 and 60 minutes caused higher hardness of petiole and higher color sensory evaluation score but lower amount of chlorophyll content than non-CST treated Chinese kales. The results of this research indicated that using $CaCl_2$ at high temperature combined with CST for at least 30 minutes causes more negative effects on quality of Chinese kales than positive ones. However, reducing temperature after using $CaCl_2$ at high temperature was still necessary but it must be for shorter period of time than 30 minutes.

Keywords: Chinese Kale, Cold Shock, Calcium Chloride

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อศึกษาอิทธิพลของแคลเซียมคลอไรด์ ($CaCl_2$) และการให้ความเย็นเฉียบพลัน (cold shock treatment, CST) ต่อคุณภาพในระหว่างการเก็บรักษาของคะน้าที่ปลูกในระบบไฮโดรพอนิกส์ ในงานวิจัยนี้ออกแบบการทดลองแบบแฟคทอเรียลในแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ 3 ซ้ำ ประกอบด้วย 2 ปัจจัย คือ การใช้และไม่ใช้ $CaCl_2$ ที่อุณหภูมิ 40°ซ 30 วินาที ร่วมกับ การทำ CST ด้วยน้ำเย็นที่อุณหภูมิ 0±2°ซ (0 30 และ 60 นาที) โดยศึกษาการเก็บรักษาที่ 10°ซ ความชื้นสัมพัทธ์ 70% ผลการทดลองพบว่า $CaCl_2$ และ CST มีผลต่อคุณภาพคะน้าในช่วงวันที่ 2-6 ของการเก็บรักษา โดยคะน้าที่ใช้ $CaCl_2$ มีอิทธิพลต่อการสูญเสียน้ำหนักสด สี (hue angle) และความเหนียว (cohesiveness) ของก้านใบ สูงกว่าคะน้าที่ไม่ใช้ $CaCl_2$ แต่ไม่มีผลต่อปริมาณคลอโรฟิลล์ แคโรทีนอยด์ ความแข็ง (hardness) ของก้านใบ และคะแนนคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสีและความสด แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนปัจจัยด้านการทำ CST พบว่าการทำ CST นาน 30 และ 60 นาที ทำให้คะน้ามี hardness ของก้านใบและคะแนนคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านความสดสูงกว่า แต่ส่งผลให้มีปริมาณคลอโรฟิลล์ต่ำกว่าคะน้าที่ไม่ทำ CST การทดลองนี้ชี้ให้เห็นว่าการใช้ $CaCl_2$ ที่อุณหภูมิสูงร่วมกับการทำ CST เป็นเวลาตั้งแต่ 30 นาทีเป็นต้นไป ส่งผลเสียต่อคุณภาพของคะน้ามากกว่าผลดี แต่อย่างไรก็ตามการลดอุณหภูมิหลังจากการใช้ $CaCl_2$ ที่อุณหภูมิสูงนั้นยังคงเป็นสิ่งจำเป็น แต่ต้องใช้ระยะเวลาที่สั้นลงกว่า 30 นาที

คำสำคัญ: คะน้า, ความเย็นเฉียบพลัน, แคลเซียมคลอไรด์

[1] คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง ต.ชมพู อ.เมือง จ.ลำปาง 52100
[1] Faculty of Agricultural Technology, Lampang Rajabhat University, Chompoo, Mueng, Lampang 52100

คำนำ

ปัจจุบันระบบการปลูกผักไฮโดรพอนิกส์ มีแนวโน้มได้รับความนิยมจากทั้งผู้ผลิตและผู้บริโภคมากขึ้น เนื่องจากเป็นระบบการผลิตที่มีประสิทธิภาพ ปลูกได้ทุกฤดูกาล พืชเจริญเติบโตและให้ผลผลิตเร็ว ผลผลิตสม่ำเสมอมีคุณภาพสูง อย่างไรก็ตามลักษณะโดยทั่วไปของผักไฮโดรพอนิกส์ มักจะมีเนื้อเยื่ออ่อน อวบน้ำ กรอบเปราะหัก และเกิดความเสียหายง่าย จากที่ผ่านมามีงานวิจัยเกี่ยวกับการใช้ $CaCl_2$ ในผักและผลไม้ พบว่า แคลเซียมมีผลต่อความแข็งแรงและการทำหน้าที่ของผนังเซลล์ (Brett and Waldron, 1996; Conway *et al*., 1994) ซึ่งการใช้แคลเซียมหลังการเก็บเกี่ยวช่วยรักษาสภาพแรงดันออสโมติกของเซลล์ และป้องกันการสลายตัวของไขมันที่เป็นองค์ประกอบของพลาสมาเมมเบรน (Lester, 1996) มีงานวิจัยกับผลิตผลหลายชนิดพบว่า แคลเซียมสามารถรักษาคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวได้ โดยงานวิจัยของ Supapvanich *et al.* (2012) ชี้ให้เห็นว่า การใช้สารประกอบแคลเซียมที่อุณหภูมิสูงมีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยทดลองกับผักหวานบ้าน พบว่าการใช้ $CaCl_2$ ที่ 40°ซ นาน 30 วินาที ช่วยชะลอการเหี่ยวและยับยั้งการสูญเสียน้ำได้ดีที่สุด อย่างไรก็ตามการใช้ $CaCl_2$ ในสภาวะอุณหภูมิสูงทำให้มีความร้อนสะสมในเนื้อเยื่อ ดังนั้นการลดอุณหภูมิ จึงเป็นขั้นตอนที่จำเป็นต่อการลดความเสียหายที่จะเกิดขึ้นกับผลิตผล ซึ่งการใช้ความเย็นเฉียบพลัน (cold shock treatment; CST) เป็นวิธีการหนึ่งที่น่าสนใจ ในการใช้ร่วมกับ $CaCl_2$ ที่อุณหภูมิสูง เนื่องจากมีรายงานในผลิตผลหลายชนิดว่า การทำ CST สามารถลดอัตราเมแทบอลิซึม อัตราการหายใจ และกิจกรรมของเอนไซม์ต่างๆ (Xiong *et al*., 2006) และมีแนวโน้มสามารถชะลอการสังเคราะห์และสะสมลิกนินในเนื้อเยื่อของพืชผักได้ การศึกษาวิธีใช้ $CaCl_2$ ที่อุณหภูมิสูงร่วมกับการทำ CST ที่เหมาะสม อาจเป็นแนวทางหนึ่งในการพัฒนาวิธีปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยวที่เหมาะสมของผักคะน้าต่อไปในอนาคต

อุปกรณ์และวิธีการ

ทำการทดลองโดยการนำคะน้าที่ปลูก ด้วยระบบไฮโดรโพนิกส์แบบ Dynamic Root Floating Technique (DRFT) ที่มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง ปี พ.ศ. 2559 ออกแบบการทดลองแบบแฟคทอเรียลในแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ จำนวน 3 ซ้ำ ประกอบด้วย 2 ปัจจัย คือ การใช้และไม่ใช้ $CaCl_2$ ที่อุณหภูมิ 40°ซ 30 วินาที ร่วมกับ การทำ CST ด้วยน้ำเย็นที่อุณหภูมิ 0±2°ซ (0 30 และ 60 นาที) แล้วเก็บรักษาที่ 10°ซ ความชื้นสัมพัทธ์ 70% เพื่อประเมินคุณภาพในด้านการสูญเสียน้ำหนัก สีคุณภาพทางประสาทสัมผัส เนื้อสัมผัสของก้านใบ ปริมาณคลอโรฟิลล์ และปริมาณแคโรทีนอยด์ (Whitman *et al*., 1971) เปรียบเทียบความแตกต่างของ treatment mean ด้วยวิธี least significant difference ที่ความเชื่อมั่น $P \leq 0.05$ (LSD 0.05)

ผล

จากการทดลอง พบว่า คะน้าที่ใช้ $CaCl_2$ สูญเสียน้ำหนักมากกว่าไม่ใช้ $CaCl_2$ การทำ CST ไม่มีผลต่อการสูญเสียน้ำหนัก แต่มีปฏิสัมพันธ์ร่วมกับ $CaCl_2$ ในวันที่ 2 ของการเก็บรักษา สีของใบคะน้าที่ใช้ $CaCl_2$ มีค่า L น้อยกว่า และ hue angle สูงกว่า คะน้าที่ไม่ใช้ $CaCl_2$ แต่ไม่มีผลต่อคะแนนประเมินประสาทสัมผัส และคลอโรฟิลล์ทั้งหมดในใบ คะน้าที่ทำ CST มีปริมาณคลอโรฟิลล์สูงกว่าคะน้าที่ไม่ทำ CST จากการวิเคราะห์เนื้อสัมผัส พบว่า ในวันที่ 2 ของการเก็บรักษาคะน้าที่ใช้ $CaCl_2$ มี cohesiveness ของก้านใบสูงกว่าคะน้าที่ไม่ใช้ $CaCl_2$ การทำ CST นาน 30 นาที มีค่า hardness สูงที่สุด (Table 1, 2)

Table 1 Weight loss percentage of hydroponics Chinese Kale of each factor and factor combination studied stored for 2, 4 and 6 days

Each factor studied				Factor combination				
Factor	Day 2	Day 4	Day 6	$CaCl_2$	CST	Day 2	Day 4	Day 6
$CaCl_2$ (Factor 1)				Untreated	0 min.	1.00 bc	2.23^{ns}	4.64^{ns}
- Untreated	1.21 b	2.67^{ns}	4.70 b		30 min.	0.91 c	2.56	4.20
- Treated	1.74 a	3.12	5.31 a		60 min.	1.72 ab	3.23	5.25
- 0 min.	1.54^{ns}	2.70^{ns}	5.01^{ns}	Treated	0 min.	2.08 a	3.16	5.38
- 30 min.	1.29	2.93	4.92		30 min.	1.67 abc	3.29	5.64
- 60 min.	1.59	3.07	5.09		60 min.	1.46 abc	2.91	4.92
C.V. (%)	29.39	18.59	11.65	Mean		1.47	2.90	5.01

*Mean within the same column with different small letters differ significantly by LSD ($P \leq 0.05$); ns = not significant difference

วิจารณ์ผลการทดลอง

คะน้าทุกกรรมวิธีมีแนวโน้มสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้น เนื่องจากการเก็บรักษาในสภาวะความชื้นสัมพัทธ์ 70% ซึ่งต่ำกว่าปริมาณน้ำในผลิตผล ทำให้คะน้าสูญเสียน้ำตลอดเวลา ทั้งนี้ปัจจัยด้าน $CaCl_2$ มีผลทำให้คะน้าที่ใช้ $CaCl_2$ สูญเสียน้ำหนักมากกว่าที่ไม่ใช้ $CaCl_2$ อย่างมีนัยสำคัญในวันที่ 2 และ 6 ของการเก็บรักษา ซึ่งตามปกติแคลเซียมไอออน (Ca^{2+}) จะช่วยเพิ่มความแข็งแรงให้แก่เมมเบรน รักษาระดับแรงดันเต่ง (turgor pressure) ให้แก่เซลล์พืช และชะลอการสูญเสียน้ำระหว่างเก็บรักษาได้ (Eryani-Raqeeb *et al*., 2009) แต่ผลการทดลองชี้ให้เห็นว่า การให้ $CaCl_2$ ในรูปสารละลายร้อนไม่เป็นผลดีต่อผลิตผลเมื่อเทียบกับการไม่ใช้ $CaCl_2$ โดยเฉพาะจะยิ่งทำให้ผลิตผลมีความไวต่ออาการสะท้านหนาว (chilling injury) ที่ส่งผลโดยตรงต่อเมมเบรน ทำให้สูญเสียน้ำได้ง่าย ความรุนแรงของอาการดังกล่าวจะเพิ่มขึ้นตามระดับความเข้มข้นของ $CaCl_2$ เพราะการได้รับแคลเซียมปริมาณมากเกินไปจะเกิดความเป็นพิษต่อเซลล์ (cytotoxic) ส่งผลให้เกิดความเสียหายและการตายของเซลล์เพิ่มขึ้น (Safizadeh *et al*., 2007) การทดลองดังกล่าวยิ่งเห็นผลได้ชัดเมื่อทำร่วมกับ CST เนื่องจากคะน้าเป็นพืชเขตร้อนซึ่งทนต่ออุณหภูมิต่ำได้น้อย การได้รับความเย็นที่ 0±2°ซ เป็นเวลานาน ทำให้ความสมบูรณ์ของเมมเบรนลดลง สอดคล้องกับผลการทดลองวันที่ 2 ที่พบปฏิสัมพันธ์ (interaction) ระหว่างปัจจัยทั้งสองดังกล่าว โดยคะน้าทุกกรรมวิธีที่ใช้ $CaCl_2$ และไม่ใช้ $CaCl_2$ แต่ทำ CST เป็นเวลานาน (60 นาที) มีการสูญเสียน้ำอยู่ในกลุ่มสูงที่สุด อย่างไรก็ตามปัจจัยหลักของการสูญเสียน้ำคือการได้รับ CaCl2 ที่ 40°ซ ดังนั้นการลดอุณหภูมิหลังจากจุ่มคะน้าในสารละลายร้อนยังเป็นสิ่งจำเป็นที่ต้องปฏิบัติ เพราะความเย็นจะช่วยลดความเสียหายจากอุณหภูมิสูงและคงความสดระหว่างเก็บรักษาได้ ซึ่งเห็นได้จากผลวิเคราะห์การประเมินทางประสาทสัมผัสด้านความสด โดยผู้ประเมินที่ผ่านการฝึกฝนแล้วจำนวน 5 คน พบว่าในวันที่ 6 คะน้าที่ทำ CST มีคะแนนความสดสูงกว่าคะน้าที่ไม่ทำ CST แต่ในทางปฏิบัติต้องระมัดระวังเรื่องของอุณหภูมิน้ำและระยะเวลาที่ใช้ลดอุณหภูมิ เนื่องจากการทำ CST เป็นเวลานานอาจส่งผลเสียดังที่ได้กล่าวไว้แล้วข้างต้น ในการเปลี่ยนสีของใบคะน้า พบว่า ทุกกรรมวิธีมีค่าความสว่างของสี (L*) เพิ่มขึ้น ส่วน chroma และ hue angle ลดลงตามเวลาการเก็บรักษา แสดงให้เห็นว่าใบคะน้าเปลี่ยนจากสีเขียวเข้มเป็นเขียวอ่อนและเหลืองตามลำดับ ซึ่งเป็นผลจากการเปลี่ยนแปลงปริมาณหรือองค์ประกอบทางเคมีของคลอโรฟิลล์ โดยในวันที่ 2 พบว่าปัจจัยด้าน $CaCl_2$ ทำให้สีใบคะน้ามี L* น้อยกว่า และ hue angle สูงกว่า คะน้าที่ไม่ใช้ $CaCl_2$ กล่าวคือคะน้าที่ใช้ $CaCl_2$ มีสีของใบอยู่ในเฉดที่เป็นสีเขียวเข้มกว่าคะน้าที่ไม่ใช้ $CaCl_2$ ทั้งนี้อาจเป็นผลจากการสูญเสียน้ำในช่วงต้นการทดลอง ทำให้มีสีที่คล้ำลง ซึ่งแสดงอิทธิพลในช่วงเวลาสั้นๆ เท่านั้น จึงไม่ส่งผลทำให้คะแนนคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสีแตกต่างกัน สอดคล้องกับผลวิเคราะห์ปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดในใบคะน้า ทั้งที่ใช้และไม่ใช้ $CaCl_2$ พบว่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่เมื่อพิจารณาปัจจัยด้านการทำ CST พบว่า ในวันที่ 6 ของการเก็บรักษา คะน้าที่ทำ CST 30 และ 60 นาที มีปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดสูงกว่าคะน้าที่ไม่ทำ CST เนื่องจากอุณหภูมิต่ำช่วยลดความร้อนตกค้างและลดความเสียหายของเซลล์จากการสัมผัสกับสารละลายร้อน รวมถึงลดกิจกรรมของเอนไซม์และปฏิกิริยาที่เกี่ยวข้องกับการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ สอดคล้องกับการศึกษาของ Chen *et al*. (2017) ซึ่งพบว่าการทำ CST ช่วยรักษาความเป็นสีเขียวที่ผิวของผลิตผลได้ โดยการลดความไวในการตอบสนองต่อเอทิลีนของผลิตผลลง ส่วนผลการวิเคราะห์เนื้อสัมผัส พบว่าการใช้ $CaCl_2$ และการทำ CST มีอิทธิพลต่อ hardness และ cohesiveness ของก้านใบ เฉพาะในวันที่ 2 ของการเก็บรักษาเท่านั้น โดยคะน้าที่ใช้ $CaCl_2$ มี cohesiveness มากกว่าคะน้าที่ไม่ใช้ $CaCl_2$ เนื่องจากการให้ $CaCl_2$ กับคะน้าจะนำไปสู่การสะสมปริมาณแคลเซียมในผนังเซลล์ ทำให้เกิดการเชื่อมโยงระหว่างโมเลกุลของโพลิเมอร์เพกทิน ซึ่งทำให้ความแข็งแรงของผนังเซลล์ (cell wall strength) และแรงยึดเหนี่ยวระหว่างเซลล์ (cell cohesion) เพิ่มขึ้น (White and Broadley, 2003) ส่วนปัจจัยด้าน CST พบว่า การทำ CST 30 นาที ทำให้คะน้ามี hardness ของก้านใบมากที่สุด เนื่องจากการทำ CST หลังจากที่ผลิตผลผ่านการจุ่มในสารละลายร้อนจะช่วยลดความร้อนสะสมในเนื้อเยื่อ มีผลต่อการลดปฏิกิริยาทางชีวเคมีและเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์ลิกนินที่มักสะสมในบริเวณก้านใบของผัก ซึ่งมีส่วนสำคัญทำให้ผักมีเนื้อสัมผัสที่แข็งขึ้น สอดคล้องกับการศึกษาของ Cai *et al*. (2006) ที่พบว่า สภาวะความเย็นจะชักนำให้เกิดกระบวนการสังเคราะห์ลิกนิน (lignification) เพิ่มมากขึ้นและมีความความสัมพันธ์กับความแน่นเนื้อของผลิตผล อย่างไรก็ตามการให้ความเย็นเป็นเวลานานอาจทำให้เนื้อเยื่อเกิดความเสียหายส่งผลให้ความแข็งแรงของเนื้อเยื่อลดลง ดังจะเห็นได้จากค่า hardness ที่ทำ CST เป็นเวลา 60 นาที (Table 1, 2)

สรุปผลการทดลอง

การใช้ $CaCl_2$ ร่วมกับการทำ CST ทำให้คะน้าสูญเสียน้ำมากขึ้น แต่ปัจจัยทั้งสองช่วยรักษาคุณภาพด้านเนื้อสัมผัสได้ในระยะเวลาสั้นๆ CST สามารถชะลอการสลายตัวของคลอโรฟิลล์และรักษาคุณภาพด้านสีของคะน้าได้ แต่เมื่อเทียบอายุการเก็บรักษาทั้งคะน้าที่ผ่านและไม่ผ่านการปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยวดังกล่าวพบว่า มีอายุการเก็บรักษาที่ 6 วัน ไม่แตกต่างกัน

Table 2 Postharvest quality of Hydroponics Chinese Kale of each factor studied stored for 2, 4 and 6 days

Factor	Color			Pigments (µg/ml)		Sensory Score		Texture of Petiole	
	L*	Chroma	Hue	Chlorophyll	Carotenoids	Freshness	Color	Hardness (N)	Cohesiveness (N•s)
Day2									
$CaCl_2$ (Factor 1)									
- Untreated	46.24 a	15.79^{ns}	123.03 b	11.19^{ns}	1.15^{ns}	4.33^{ns}	4.47^{ns}	42.82^{ns}	943.80 b
- Treated	44.98 b	14.76	134.52 a	10.95	1.09	4.11	4.36	46.84	1,242.58 a
CST (Factor 2)									
- 0 min.	44.30 b	15.60^{ns}	133.92^{ns}	10.89^{ns}	1.25	4.17^{ns}	4.47 b	42.45 b	1,069.03^{ns}
- 30 min.	46.01 a	16.25	132.75	10.71	1.08	4.17	4.24 ab	49.90 a	1,276.44
- 60 min.	46.53 a	13.98	134.67	10.63	1.05	4.33	4.53 a	42.16 b	934.11
C.V. (%)	3.42	11.06	1.50	0.95	7.71	8.71	8.75	14.41	36.35
Day4									
$CaCl_2$ (Factor 1)									
- Untreated	50.79^{ns}	19.36^{ns}	126.95 b	11.77^{ns}	1.27^{ns}	2.89^{ns}	2.87^{ns}	50.83^{ns}	1,205.90^{ns}
- Treated	49.65	17.06	131.55 a	12.96	1.40	2.87	3.02	48.58	1,137.31
CST (Factor 2)									
- 0 min.	50.62^{ns}	18.52^{ns}	128.78^{ns}	13.02^{ns}	1.36^{ns}	2.97^{ns}	2.94^{ns}	50.93^{ns}	1,263.89^{ns}
- 30 min.	49.95	18.07	129.33	10.80	1.22	2.67	2.73	48.11	1,085.13
- 60 min.	50.09	18.04	129.65	13.28	1.44	3.00	3.17	50.08	1,165.80
C.V. (%)	7.39	24.98	4.01	0.43	1.87	17.22	18.91	19.32	25.33
Day6									
$CaCl_2$ (Factor 1)									
- Untreated	61.68^{ns}	27.89^{ns}	114.10^{ns}	10.58^{ns}	1.22^{ns}	2.53^{ns}	2.27^{ns}	49.92^{ns}	1,158.31^{ns}
- Treated	60.80	27.13	113.78	10.29	1.18	2.38	2.18	50.23	1,111.41
CST (Factor 2)									
- 0 min.	62.12^{ns}	27.94^{ns}	112.96^{ns}	8.80 b	1.31^{ns}	2.23 b	2.10 b	45.29^{ns}	971.57^{ns}
- 30 min.	61.28	26.55	113.59	10.61 a	1.12	2.83 a	2.44 a	49.21	1,171.44
- 60 min.	60.33	28.04	115.74	10.80 a	1.18	2.90 a	2.54 a	55.73	1,261.57
C.V. (%)	13.39	27.89	9.62	2.01	3.25	29.15	27.45	22.25	24.49

*Mean within the same column with different small letters differ significantly by LSD (P≤0.05); ns = not significant difference

เอกสารอ้างอิง

Brett, C.T. and K.W. Waldron. 1996. Physiology and biochemistry of plant cell walls. p.230. *In* M.Black and B. Charlwood (Eds). 1. Topics in plant functional biology. Chapman and Hall, London, UK.

Cai, C., C. Xu, L. Shan, X. Li, C. Zhou, W. Zhang, I. Ferguson and K.Chen. 2006. Low temperature conditioning reduces postharvest chilling injury in loquat fruits. Postharvest Biology and Technology 41: 252-259.

Chen, J., X. Liu, F. Li, Y. Li and D. Yuan. 2017. Cold shock treatment extends shelf life of naturally ripened or ethylene-ripened avocado fruits. PLoS ONE 12(12): 1-13.

Conway, W.S., C.E. Sams, G.A. Brown, W.B. Beavers, R.B. Tobias and L.S. Kennedy. 1994. Pilot test for the commercial use of postharvest pressure infiltration of calcium into apples to maintain fruit quality in storage. HortTechnology 4: 239-243.

Eryani-Raqeeb, A. A., T. M. M. Mahmud and S. R. Syed Omar. 2009. Effects of calcium and chitosan treatments on controlling anthracnose and postharvest quality of papaya (*Carica papaya* L.). International of Agricultural Research 4: 53-68.

Lester, G. 1996. Calcium Alters Senescence Rate of Postharvest Muskmelon Fruit Disks. Postharvest Biology Technology 7:91–96.

Safizadeh, M.R., M. Rahemi and M. Aminlari. 2007. Effect of calcium and hot-water dip treatments on catalase, peroxidase and superoxide dismutase in chilled Lisbon lemon fruit. International of Agricultural Research 5: 440-449.

Supapvanich, S., R. Arkajak and K. Yalai. 2012. Maintenance of postharvest quality and bioactive compounds of fresh-cut sweet leaf bush (*Sauropus androgynus* L. Merr.) through hot $CaCl_2$ dips. International Journal of Food Science and Technology 47: 2662-2670.

White, P. J. and M. R. Broadley. 2003. Calcium in Plants. Annals Botany 92: 487-51.

Withman, F. H., D. F. Blaydes and R. Denin. 1971. Experiments in Plant physiology. New York: Von Nostrand. 456 p.

Xiong, X. M., J. P. Rao, S. Q. Dai and Q. Z. Fang. 2006. Effect of cold shock treatment on the quality and anti-oxidative enzyme activities of nectarine fruits during storage. Acta Botanica Sinica 26: 473–477.